

**OPCIONES REALES EN LA EVALUACIÓN FINANCIERA PARA LA
GESTIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL CON
INGRESO GARANTIZADO EN LA MODALIDAD DE ALIANZA
PÚBLICO-PRIVADA**

GUSTAVO ADOLFO CHAVERRA CASTILLO

LEONARDO CARDONA DÍAZ

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

BOGOTÁ, D. C.

2017

**OPCIONES REALES EN LA EVALUACIÓN FINANCIERA PARA LA
GESTIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL CON
INGRESO GARANTIZADO EN LA MODALIDAD DE ALIANZA
PÚBLICO-PRIVADA**

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de magíster en
administración financiera**

GUSTAVO ADOLFO CHAVERRA CASTILLO¹

LEONARDO CARDONA DÍAZ²

Asesor: Julián Alberto Pareja Vasseur, M. F.

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

BOGOTÁ, D. C.

2017

¹ gchaver1@eafit.edu.co

² lcardo36@eafit.edu.co

Agradecimientos totales al profesor Julián Alberto Pareja Vasseur, M. F., docente de tiempo completo de Finanzas Corporativas, Simulación, Valoración de Empresas y Opciones Reales de la Universidad EAFIT, por el tiempo, la dedicación y el compromiso para llevar a cabo este artículo. Así mismo, a nuestros familiares que nos acompañaron durante todo el proceso brindándonos siempre ese apoyo incondicional y sin olvidar el aporte académico de cada profesor tanto de la Especialización como la Maestría en Administración Financiera

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 8 |
| 1. Metodologías utilizadas en la evaluación de proyectos de concesión vial | 12 |
| 2. Administración del riesgo | 18 |
| 2.1 Gestión del riesgo de PPP para el concesionario | 18 |
| 2.2 Identificación de riesgos | 18 |
| 2.3 Ecuación contractual | 19 |
| 2.4 Evaluación y valoración cualitativa de riesgos | 19 |
| 2.5 Determinación de los riesgos relevantes | 21 |
| 2.6 Garantías como requisito de inicio del contrato y sus etapas | 22 |
| 3. Análisis mediante el método tradicional de valoración por medio de flujos de caja descontados | 23 |
| 4. Análisis mediante opciones reales (opción de abandono) | 26 |
| Conclusiones | 28 |
| Referencias | 31 |

Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Asignación y probabilidad de riesgos | 20 |
| Tabla 2. Información general (cifras en billones de COP) | 23 |
| Tabla 3. Principales parámetros supuestos para el modelo financiero | 24 |
| Tabla 4. Resultados de los métodos tradicionales aplicados al modelo | 26 |
| Tabla 5. Opción de abandono | 28 |

Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Transporte en cifras estadísticas en 2015 | 9 |
| Figura 2. Riesgos del sector de infraestructura vial | 18 |
| Figura 3. Elementos de la ecuación contractual | 19 |
| Figura 4. Determinación de riesgos relevantes | 21 |
| Figura 5. Metodologías para el cálculo del valor presente de las operaciones | 25 |
| Figura 6. Diagrama de etapas del proyecto de concesión vial | 26 |
| Figura 7. Árbol de ingresos del modelo financiero | 27 |
| Figura 8. Árbol de costos del modelo financiero | 27 |
| Figura 9. Árbol de la opción de abandono del modelo financiero | 28 |

OPCIONES REALES EN LA EVALUACIÓN FINANCIERA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL CON INGRESO GARANTIZADO EN LA MODALIDAD DE ALIANZA PÚBLICO-PRIVADA

Resumen

El desarrollo de la infraestructura vial hace parte del motor de crecimiento de la economía y de igual manera contribuye al mejoramiento de la competitividad del bloque latinoamericano (Grupo de Río); el sector requiere superar grandes desafíos de acuerdo con el modo de financiación y las situaciones macroeconómicas, socioculturales, ambientales y de transparencia en los lugares en los que se desarrollan los megaproyectos, con el objeto de generar un progreso sostenible de largo plazo y mantener el dinamismo del sector, para que de manera directa o indirecta contribuya al crecimiento de los demás sectores de la región; por ende, los agentes que intervienen, como el Estado, los concesionarios, y el sector financiero requieren un trabajo en equipo cada vez más eficiente y eficaz con normatividades claras, precisas y contundentes en pro del desarrollo de las concesiones viales. En consecuencia, se hace necesario evaluar, desde el punto de vista financiero y de manera apropiada, un proyecto de concesión mediante el uso de la metodología sobre la administración del riesgo y la valoración por el método tradicional, así como por la técnica de opciones reales, por lo que se considera que el artículo proyecta herramientas gerenciales de valor al aplicar el riesgo al método tradicional con el propósito de permitir tener la probabilidad de ocurrencia de que los resultados esperados se puedan alcanzar, lo mismo que la flexibilidad gerencial que brinda la opción real, de modo específico en una opción de abandono, que se podría ejercer en cualquier momento a causa de que en este tipo de proyectos por lo general, después de finalizar la etapa de construcción, se oferte en el mercado; de igual manera, arroja resultados serios que sirven como punto de referencia para posteriores análisis o valoraciones de alianzas público-privadas de concesiones viales con ingreso garantizado, además de la correlación entre los métodos investigados a la hora de definir el valor más apropiado de un proyecto de infraestructura vial que contempla incertidumbre en cada una de las etapas estipuladas en el contrato de concesión vial.

Palabras clave: alianzas público-privadas, opciones reales, valoración tradicional, riesgo.

Abstract

The development of the road infrastructure is part of the engine of growth of the economy and likewise contributes to the improvement of the competitiveness of the Latin American block (Rio Group); The sector needs to overcome major challenges according to the mode of financing and the macroeconomic, socio-cultural, environmental and transparency situations where megaprojects are developed, in order to generate long-term sustainable progress and maintain dynamism Of the sector, so that it directly or indirectly contributes to the growth of other sectors of the region; Therefore, agents involved, such as the State, concessionaires, and the financial sector require an increasingly efficient and effective teamwork with clear, precise and forceful regulations for the development of highway concessions. Consequently, it is necessary to evaluate, from the financial point of view and in an appropriate way, a concession project through the use of the methodology on risk management and valuation by the traditional method, as well as by the real options technique , So it is considered that the article projects management tools of value when applying the risk to the traditional method with the purpose of allowing to have the probability of occurrence that the expected results can be reached, as well as the managerial flexibility provided by the option Real, specifically in an abandonment option, which could be exercised at any time because in this type of projects usually, after the end of the construction stage, is offered in the market; In the same way, it gives serious results that serve as a point of reference for further analysis or valuations of public-private partnerships of toll roads with guaranteed income, in addition to the correlation between the methods investigated when defining the most appropriate value of a project of road infrastructure that contemplates uncertainty in each of the stages stipulated in the highway concession contract.

Keywords: public-private partnerships, real options, traditional valuation, risk.

Introducción

La red vial hace parte de la columna vertebral del sector del transporte porque permite la interconexión eficiente y eficaz, tanto intranacional como internacional, entre los bloques económicos; para el año 2016, de acuerdo con el índice global de competitividad (*the global competitiveness report index*) del Foro Económico Mundial (*World Economic Forum*, WEF, 2016), los países latinoamericanos ocuparon las siguientes posiciones: Chile 28, Panamá 50, Costa Rica 52, México 57 y Colombia 61, de 140 economías evaluadas; de igual manera, el índice de desempeño logístico (*logistics performance index* o LPI), estimado por el Banco Mundial (*World Bank Group*, WBG; The World Bank, 2016) para 160 países, presentó para América Latina los siguientes puestos: Panamá 40, Chile 46, México 54, Brasil 55, Uruguay 65, Argentina 66, Perú 69, Ecuador 74, Costa Rica 89 y, por último, Colombia 94.

Debido a lo anterior, el Consejo Privado de Competitividad de Colombia (CPC, 2016), con respecto al sector de transporte y logística indagó en el informe nacional de 2016 sobre la necesidad de la implementación de planes de acción para mejorar el escalafón en la zona, reducir la insuficiencia y la congestión vial lo mismo que los elevados costos de transporte logístico, lo que implica que “la inversión en infraestructura de transporte sea superior a la actual, la cual está alrededor de 3.8% del Producto Interno Bruto, PIB ” (Clavijo, Vera y Vera, 2013, p.13); incluso, “entidades multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (*Inter – American Development Bank*, IDB) y el WBG recomiendan un 6% del PIB en inversión para superar el rezago histórico” (Clavijo *et al.*, 2013, p.7); la inversión en infraestructura de carreteras se desarrolla por medio de concesiones mediante el tipo de contrato denominado alianzas público- privadas (*public-private partnertships* o PPP), de la mano con los demás ejes de trabajo expresado por el Consejo Nacional de Política Económica

y Social (Conpes) en el documento 3527 de 2008 (Conpes, 2008), que son un desafío a largo plazo para Colombia.

La red vial primaria que no está concesionada y que está a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) en el primer semestre del año 2016 en Colombia fue de 9,269 km, de los cuales se encuentran cerca de 6,387 km pavimentados, dato adquirido de la página oficial de la institución (INVÍAS, 2016), sin tener en cuenta el estado de las carreteras asfaltadas, que se clasifica en muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo; en la figura 1. se ilustra la participación de la red vial del país conforme en 2015.

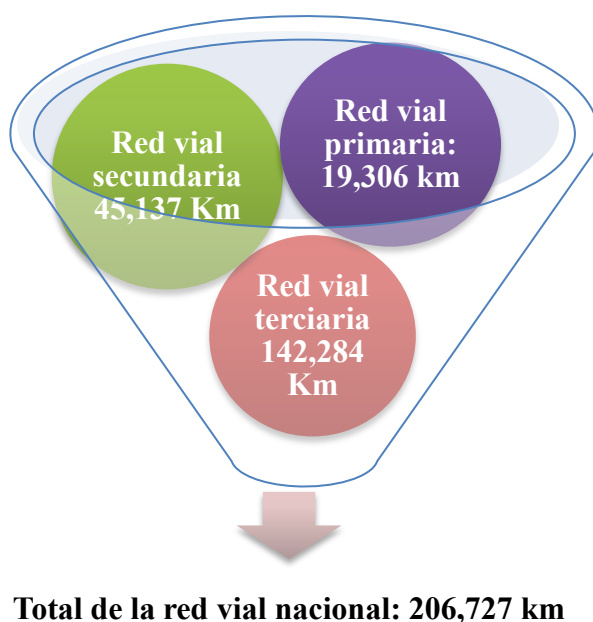


Figura 1. Transporte en cifras estadísticas en 2015

Fuente: elaboración propia con base en Ministerio de Transporte (2015, p.34)

El conocimiento de los datos sobre la red de infraestructura vial de la nación permite la oportunidad de participar en la construcción, la operación y el mantenimiento de los corredores viales que faciliten la interconexión a menor tiempo entre departamentos, puertos y fronteras, encaminados a crear una malla vial de transporte competitiva en la región; al país le hace falta recorrer un largo camino hacia el mejoramiento continuo que corresponde al desempeño del

sector del transporte para poder estar en situación comparable a la de Chile, Panamá y México en lo referente a infraestructura vial que satisfaga las dinámicas globales.

De acuerdo con el informe del Ministerio de Transporte del año 2016 se argumentó en el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) que la política de Estado para volver a Colombia más competitiva ha mejorado en los últimos cinco años, mediante la creación de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), la firma de contratos innovadores de concesión para las autopistas de cuarta generación (4G) y la expedición de la ley de PPP como la ley de infraestructura, que corresponden a progresos que se manifiestan en el sector, pero que aún hacen falta mecanismos que incentiven la inversión en proyectos correspondientes a concesiones de carreteras.

En la actualidad, los megaproyectos de largo plazo que demandan una gran inversión de capital y financiamiento se gestionan mediante contratos de tipo PPP, en los que los agentes que intervienen corresponden al Estado, las entidades financieras y los concesionarios, para los cuales la rentabilidad es limitada conforme al nivel del riesgo que estén dispuestos a tomar, factor que termina siendo transferido en forma adecuada para obtener los resultados esperados, como lo indicaron Ke, Liu y Wang (2008); vale la pena mencionar que las obras de carretera requieren un trabajo en equipo y un mejoramiento constante de garantías efectivas para atraer capital de los sectores económicos, tanto nacionales como internacionales, mecanismo referido por Eric Lancelot, experto en transporte del World Bank Group (WBG), quien aseguró en junio de 2015 a la BBC que “definitivamente el sector privado seguirá jugando un papel clave en el desarrollo de la infraestructura pero hay que tener prudencia frente al espejismo de que el sector privado va a resolver todos los problemas” reportó (Fajardo, 2015); por tanto, para conseguir una infraestructura vial de primera calidad, Colombia demandará un esfuerzo constante en todos los ámbitos para lograr ser competitiva en los bloques económicos existentes.

A partir del panorama anterior, se planteó como objetivo general evaluar de manera apropiada desde el punto de vista financiero un proyecto de concesión vial. Como objetivos específicos se formularon los siguientes: (a) construir el marco teórico y el estado del arte relativo a la evaluación financiera de concesiones viales, (b) identificar la administración del riesgo del proyecto, (c) evaluar el proyecto a través del método tradicional, y (d) por método opciones reales, de modo específico mediante la que corresponde a la de abandono con la utilización de datos reales, con el propósito de identificar y estimar la flexibilidad gerencial presente en proyectos de concesiones viales.

Además, se tuvieron en cuenta los riesgos y las limitaciones tales como el riesgo de construcción y el de demanda, a pesar de que los flujos estén garantizados por el Estado; los ingresos dependerán de las vigencias futuras, en las que el gobierno tiene la facultad de efectuar cambios contractuales y en la legislación. Otro elemento para tener en cuenta es la situación económica del país, que origina escepticismo sobre la recuperación de la inversión y repercute de manera directa en el tiempo de operación del proyecto.

El presente artículo está estructurado en cuatro secciones; en la primera se revisan las diferentes metodologías utilizadas en la evaluación de riesgo en proyectos de concesión vial y se construye la respectiva matriz de riesgo para el proyecto por evaluar; en la segunda se propone la metodología tradicional de valoración y de evaluación del riesgo; en la siguiente se estructura la valoración mediante el método de opciones reales, y, por último, se presenta una serie de conclusiones.

1. Metodologías utilizadas en la evaluación de proyectos de concesión vial

En la actualidad, Latinoamérica, para permanecer en el camino de competitividad en el sector del transporte, está implementando el mecanismo de concesiones viales por medio de contratos de tipo PPP, lo que cambia de esta manera el modo de desarrollar los proyectos viales; modelar esta nueva figura, tanto según la metodología de valoración tradicional como por medio de opciones reales, métodos que se encuentran en el estado del arte del sector, permitirá diagnosticar cómo ambas interactúan entre sí para la evaluación de proyectos de concesiones viales.

De acuerdo con la ley colombiana 1508 de 2012 (Congreso de Colombia, 2012), González Serna (2014) definió las PPP como alianzas entre los sectores público y privado para conseguir objetivos en común; el diseño y el capital los aporta el ente privado, mientras que el riesgo se distribuye entre las partes involucradas. En ese orden de ideas, Londoño Vallejo (2014) manifestó que, por ser contratos económicos de largo plazo, son imposibles de realizar por separado; se requiere la participación no solo del Estado sino también del sector privado para la gestión eficiente y eficaz en lo que respecta a la elaboración del proyecto y su financiación, lo mismo que a la construcción y al mantenimiento de obras.

En lo referente a experiencias internacionales en las PPP, Rufián Lizana (2002) identificó las experiencias de Chile y Perú; sobresale el primero de ellos como un caso exitoso de alianzas público-privadas por la confianza entre las partes por medio del respaldo político a estrategias, normas flexibles, procesos claros, calidad en los proyectos aprobados, riesgos distribuidos de modo efectivo y experiencia en cobro al beneficiario, mientras que en Perú se basó más en un marco normativo y regulatorio.

Así mismo, Engel, Fischer y Galetovic (2008) estudiaron casos de países como Argentina y México, en los que las renegociaciones, la falta de reglas estables y la escasa supervisión en los

trabajos contribuyeron a que saliera costoso el desarrollo de la red vial en el primer país mencionado, aun con la implementación de la cláusula gatillo (*trigger clause*). Por su parte, México, fue el primer país latinoamericano en incursionar en la modalidad de privatización de la red vial; por consiguiente, presentó problemas al inicio en lo referente al otorgamiento de concesiones en el tiempo más corto, la baja calidad en diseños, los flujos de tráfico deficientes y la inexperiencia en el sector, a lo que se sumó la crisis financiera de 1994 por la que pasó el país pero más tarde se tomaron acciones correctivas para proyectos posteriores de concesiones de carreteras.

Por su parte, frente a la privatización de carreteras en los Estados Unidos, “muchos de los problemas encontrados por las concesiones se explicó por la combinación de la carga frontal de las inversiones y la incertidumbre sobre la demanda de la carretera” (Engel, Fischer y Galetovic, 2006, p. 25).

Por otro lado, los megaproyectos de infraestructura vial en Colombia se han desarrollado por medio de concesiones viales de primera, de segunda y de tercera generación, en las que se presentaron en cada período dificultades atribuibles a “inexperiencia del gobierno, la premura y la limitada preparación del esquema, los predios no estaban totalmente adquiridos al comenzar la construcción, retrasos y sobrecostos no previstos al no contar con las licencias ambientales previas” (Benavides, 2009, p. 13); así mismo, Barreto Jurado (2015) complementó lo anterior al indicar que “la mala planeación y la estructuración de proyectos como la inestabilidad financiera compensados con recursos del Estado” (pp. 29-48).

Desde 1994 hasta 2012 transcurrieron 18 años en los que, a pesar de implementar diferentes modelos para el mejoramiento de la red vial del país, los resultados no han sido los esperados (Benavides, 2009); sin embargo, “a partir del años 2012, por medio de las concesiones viales de cuarta generación, bajo el esquema de PPP, se promueve atraer el capital privado a gran

escala para financiar la construcción, operación, administración y transferencia de la infraestructura vial” (González Serna, 2014, p. 28). Además, el Estado, a través del documento Conpes 3760 de 2013 antes mencionado, estableció los lineamientos para las concesiones viales de cuarta generación con el fin de mejorar aspectos de competitividad del sector.

Según palabras de Huapaya Tapia *et al.* (2011, p. 9) con respecto a concesiones viales, cuando se suscribe un contrato no puede prever todo lo que pasará en el futuro y no se tiene la genialidad de poder establecer en las cláusulas del contrato cada evento que puede ocurrir a lo largo del desarrollo de una concesión.

Por consiguiente, para hacer interesante dicho tipo de proyectos desde el punto de vista financiero se hace necesario promover la infraestructura vial como activo de inversión a largo plazo para los diferentes agentes económicos, como lo son los bancos y los fondos de pensiones, como lo argumentaron Serebrisky, Suárez-Alemán, Margot y Ramírez (2015). Fuera de ello, por parte del Estado se deberá brindar una normatividad clara a través de garantías en el manejo de riesgos para los concesionarios con el fin de estimular así el flujo de capital para las concesiones de carreteras.

En primer lugar, la valoración financiera tradicional de los proyectos de concesiones viales se realiza mediante el método de flujo de caja descontado (*discounted cash flow* o DCF), que presenta los cuatro elementos necesarios para evaluar un proyecto de inversión, que son: el flujo de caja de operación, el de inversión, el de financiamiento y el del accionista (Ortiz Anaya y Ortiz Niño, 2015). A partir de lo anterior se brinda información clara y oportuna para realizar las respectivas proyecciones y la aplicación de diferentes herramientas de valoración que se usan en el marco de las finanzas corporativas; autores como Graham y Harvey (2001) presentaron los métodos más empleados por los directores financieros de compañías (*chief financial officers* o CFO); en orden de popularidad sobresalen: (a) rata interna de retorno (*internal rate of return*) o

IRR, (b) valor presente neto (*net present value*) o NPV, (c) tasa de corte (*hurdle rate*), (d) período de recuperación (*payback*), (e) análisis de sensibilidad (*sensitivity analysis*), (f) múltiplos de la razón de precio a beneficio (*P/E multiples*), (g) período descontado de recuperación (*discounted payback*), (h) opciones reales (*real options*), (i) tasa interna de retorno (*book rate of return*), (j) análisis de simulación (*simulation analysis*), (k) índice de rentabilidad (*profitability index*) y (l) valor presente ajustado (*adjusted present value*) o APV.

La IRR se define como “la tasa de rendimiento que ganará la empresa si invierte en el proyecto y recibe las entradas de efectivo esperadas. Es la rentabilidad real de un proyecto, si es mayor al costo de capital se acepta” (Gitman y Zutter, 2012, p. 372); para evitar la sobreestimación, “se hace necesario el cálculo de la tasa interna de retorno modificada (MIRR), que es la diferencia entre la tasa de financiamiento y la de reinversión, para obtener así la tasa más real para el proyecto” (Kelleher y MacCormack, 2005, p. 6).

La técnica utilizada con mayor frecuencia corresponde al NPV, que se define como el valor presente de los flujos de efectivo netos de un proyecto de inversión menos su flujo de salida inicial; en lo referente al criterio de decisión, se encuentra que si es igual o mayor que cero se acepta y de lo contrario se procede a rechazar la inversión (Van Horne y Wachowicz, 2010).

En relación con los proyectos existen en lo primordial dos fuentes de financiación determinables: los recursos propios del inversionista y el endeudamiento financiero; por ello, el costo de capital promedio ponderado (*weighted average cost of capital* o WACC) reflejará el costo futuro promedio esperado de los fondos a largo plazo; se calcula mediante la ponderación del costo de cada fuente específica de capital de acuerdo con su proporción en la estructura de capital de la compañía (Gitman y Zutter, 2012).

Además, en las inversiones financieras aspectos como la rentabilidad y el riesgo determinan en gran medida la aprobación de un proyecto; “una inversión será más riesgosa en

tanto presente una mayor probabilidad de que su rendimiento sea diferente al esperado” (Agudelo Rueda, 2014, p. 129). Por lo anterior, en el mercado existe el índice global que mide el desempeño de las acciones de empresas de infraestructura del sector de autopistas de peaje (*Dow Jones Brookfield toll roads infrastructure index*; Dow Jones, 2016), disponible para facilitar los cálculos con respecto al riesgo del sector, condición necesaria para estimar el WACC, que incorpora riesgos de sector económico, de mercado y de orden público.

Acerca de los modelos tradicionales para la valoración de concesiones viales, de acuerdo con la revisión de literatura del sector, se plantea la posibilidad de usar el costo promedio ponderado de capital para valorar las opciones reales, como manifestaron Arnold y Crack (2004), que enfatizaron en la importancia de estimar una adecuada tasa de descuento para evitar sobreestimaciones de la misma en el modelo financiero. Por otro lado, De Rus Mendoza, Betancur Cruz y Campos Méndez (2006) elaboraron un manual en el que se planteó el procedimiento de paso a paso mediante la aplicación de principios económicos sencillos para la evaluación de proyectos de transporte; fuera de ello, Fernandes (2016) utilizó el intercambio entre rendimiento y riesgo lo mismo que conceptos de valor en riesgo (VaR), NPV en riesgo, IRR en riesgo y flujo de caja en riesgo, junto con la simulación de Montecarlo, como metodología para articular la incertidumbre en la toma de decisiones estratégicas.

En segunda instancia, Dumrauf (2013) planteó que para los proyectos de largo plazo es viable tener en cuenta el uso apropiado de las opciones reales, puesto que los flujos se consideran un activo real y equivalen al activo subyacente, lo que otorga flexibilidad administrativa en las decisiones de inversión y financiamiento; sugirió, además, que una manera sencilla para evaluar este tipo de opciones reales es por medio de árbol binomial; hay que mencionar que Hull (2014, pp. 49-55) sugirió emplear la estrategia de cobertura de riesgos para reducir uno de ellos en particular; la implementación de este tipo de contratos en el futuro busca como objeto la mejor

alternativa de trabajar con incertidumbre. A partir de la anterior premisa, si al proyecto se le aplican coberturas para todo tipo de riesgos que se presentan en cada una de las etapas, la probabilidad sería baja en cuanto a tener una rentabilidad atractiva para el concesionario.

En cuanto a la revisión de literatura en opciones reales, Chiara (2006) indicó que para proyectos de infraestructura es necesario modelar de manera efectiva el riesgo de ingresos; la investigación se desarrolló por medio métodos estocásticos de valoración de opciones reales. Lara Galera (2006) determinó también que el nivel de tráfico es una variable muy importante y que establecer tarifas, tanto mínima como máxima, conserva el equilibrio entre el riesgo y el beneficio del concesionario. Además, Lara Galera y Sánchez Soliño (2007) formularon las opciones reales que se pueden encontrar en proyectos de infraestructura vial, tales como “las garantías de tráficos mínimo y limitaciones de tráficos máximos, posibles ampliaciones de capacidad, prolongación del período concesional, abandono temprano de la concesión, subvenciones a la explotación si los niveles de tráfico no alcanzan los valores previos” (p. 6).

En definitiva, las investigaciones de PPP del sector de infraestructura vial encontradas son limitadas; sin embargo, Tang, Shen y Cheng (2010) recopilaron artículos empíricos y teóricos que abarcan asuntos como riesgo, financiamiento, acuerdos contractuales, plazos y estrategias, entre otros, lo que permite tener una trazabilidad investigativa sobre el estado del arte; por último, es importante indicar que en la actualidad las firmas en Colombia por lo general implementan el *Project Finance* para la gestión de este tipo de megaproyectos, aunque para futuras investigaciones se podrá validar la efectividad del método.

2. Administración del riesgo

2.1 Gestión del riesgo de PPP para el concesionario

La estructura de riesgo se desarrolló al considerar los lineamientos de las políticas internas de la entidad, de los documentos CONPES 3107 (2001a), 3133 (2001b) y 3760 (2013), de la ley 1508 de 2012 (Congreso de Colombia, 2012), conocida como ley de PPP, y de la más reciente versión de metodologías de obligaciones contingentes de la Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP, 2015). Se entiende como riesgo en proyectos de infraestructura vial la probabilidad de ocurrencia de eventos aleatorios que repercuten en forma directa o indirecta en los costos y en los ingresos esperados.

2.2 Identificación de riesgos

La alta gerencia, en conjunto con los departamentos financiero, técnico, jurídico, comercial y contractual, conforme a las políticas de riesgo del concesionario, identificó 38 riesgos distribuidos en 12 áreas, que repercuten en el desarrollo efectivo del proyecto de infraestructura vial; en la figura 2 se ilustra la cantidad de riesgos diagnosticados por área.

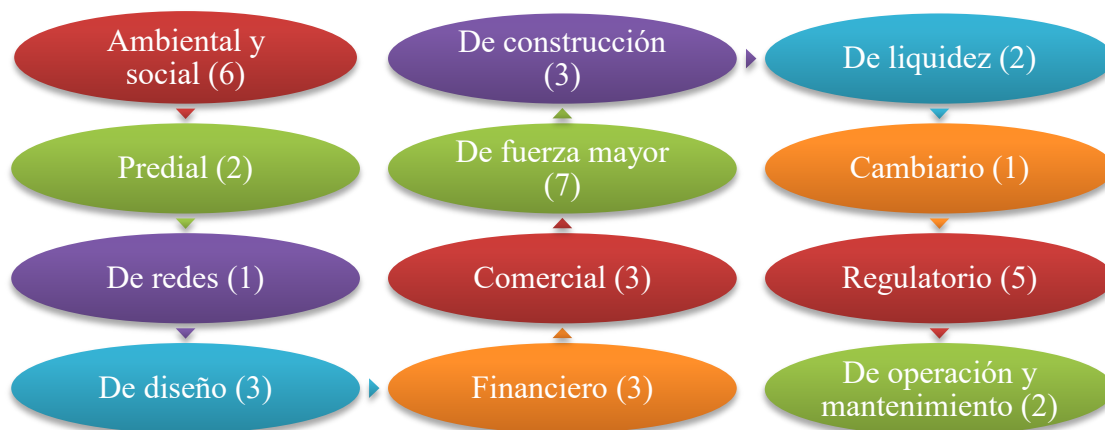


Figura 2. Riesgos del sector de infraestructura vial

Fuente: elaboración propia con base en la matriz de riesgos del concesionario de 2016

2.3 Ecuación contractual

Representa los agentes que intervienen en el desarrollo del proyecto de infraestructura vial y en ella la suma de las partes, junto con las respectivas obligaciones y la incertidumbre asignada, sincroniza el desempeño óptimo para lograr los resultados esperados, sin olvidar, debido a la naturaleza del contrato, aquella probabilidad del surgimiento de riesgos no previstos, que conforme a la ley actual serán tratados y distribuidos entre las partes; en la figura 3 se ilustran los interventores del contrato.



Figura 3. Elementos de la ecuación contractual

Fuente: elaboración propia con base en el contrato del concesionario (2015)

2.4 Evaluación y valoración cualitativa de riesgos

Como se presenta en la tabla 1, existen riesgos que, conforme a su naturaleza, se asignan en la totalidad no solo al concesionario sino también a la ANI; sin embargo, algunos son compartidos entre las partes; así mismo se establece la probabilidad de ocurrencia: rara

vez (0 a 5%), pocas veces (6 a 15%), frecuentemente (16 a 30%), muchas veces (por encima de 30%), al igual que el impacto de los riesgos sobre el proyecto.

Tabla 1. Asignación y probabilidad de riesgos

| Área | Tipo de riesgo | Asignación | Probabilidad | | | | Impacto sobre el valor de la actividad o proyecto | | | |
|---------------------------------|---|-------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|---|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| | | | Baja 0% y 5% | Media - baja 6% y 15% | Media - alta 16% y 30% | Alta Por encima 30% | Bajo 0% y 5% | Medio - bajo 6% y 15% | Medio - alto 16% y 30% | Alto Por encima 30% |
| PREDIAL | Demoras en la disponibilidad de predios derivadas de las actividades de gestión predial | Privado | | X | | | | | X | |
| | Sobrecostos por adquisición (con inclusión de expropiación) y compensaciones socioeconómicas | Público - Privado | | | X | | | | X | |
| AMBIENTAL Y SOCIAL | Demoras en la obtención de las licencias o permisos | Privado | X | | | | | | X | |
| | Sobrecostos por compensaciones socioambientales | Público - Privado | | | X | | | | X | |
| | Obras solicitadas por la autoridad ambiental, posteriores a la expedición de la(s) licencia(s) permiso(s) ambiental(es) por razones no imputables al concesionario | Público | X | | | | | | X | |
| | Efectos desfavorables por decisiones de la entidad frente al movimiento o reubicación de casetas de peaje existentes | Público | X | | | | | | X | |
| | Efectos desfavorables por decisiones de la entidad frente a la imposibilidad de ubicación de casetas de peaje nuevas, previstas en la estructuración | Público | X | | | | | | X | |
| | Invasión de derecho de vía | Privado | X | | | | X | | | |
| DE REDES | Sobrecostos por interferencia de redes | Público - privado | | | X | | | | X | |
| DE DISEÑO | Sobrecostos derivados de los estudios y diseños | Privado | X | | | | | | X | |
| | Sobrecostos por ajustes en diseños como consecuencia del trámite de licencias ambientales por razones no atribuibles al concesionario | Público | X | | | | | | X | |
| DE CONSTRUCCIÓN | Sobrecostos en diseños por decisiones de la ANI | Público | X | | | | | | X | |
| | Sobrecostos derivados de mayor cantidad de obras | Privado | X | | | | | | X | |
| | Sobrecostos derivados de mayor cantidad de obras en túneles sin soporte parcial por riesgo geológico | Privado | | X | | | | X | | |
| | Variación de precios de los insumos | Privado | | X | | | | | X | |
| DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | Mayores cantidades de obra para actividades de operación y mantenimiento | Privado | X | | | | | X | | |
| | Variación de precios de los insumos para actividades de operación y mantenimiento | Privado | | X | | | | | X | |
| COMERCIAL | Menores ingresos por disminución del recaudo de peajes | Público | | | X | | | | X | |
| | Menores ingresos derivados de evasión del pago de peajes | Privado | X | | | | | X | | |
| | Menores ingresos derivados de elusión del pago de peajes | Público | X | | | | | X | | |
| FINANCIERO | No obtención del cierre financiero | Privado | X | | | | | | | X |
| | Alteración de las condiciones de financiación o costos de liquidez que resulten de la variación en las variables del mercado o condiciones del proyecto | Privado | X | | | | | | X | |
| | Insuficiencia de recursos para el pago de la interventoría por razones no atribuibles al concesionario | Público | X | | | | | X | | |
| | Liquidez en el recaudo de peajes | Privado | | X | | | | X | | |
| DE LIQUIDEZ | Riesgo de liquidez general | Privado | X | | | | | | | X |
| CAMBIARIO | Variaciones del peso frente a otras monedas | Privado | | | X | | X | | | |
| | Compensaciones por nuevas tarifas diferenciales | Público | X | | | | | | X | |
| REGULATORIO | Cambio en normatividad (tecnología de recaudo electrónico de peajes) | Público | | | | X | X | | | |
| | Cambio en normatividad | Público - privado | | X | | | | X | | |
| | Cambio en normatividad (normas NIIF) | Público - privado | | | | X | X | | | |
| | Realización de obras en tramos con póliza de calidad y estabilidad | Privado | | | | X | X | | | |
| DE FUERZA MAYOR | Demoras en la disponibilidad de predios por eventos eximentes responsabilidad o fuerza mayor | Público | X | | | | | | | X |
| | Costos ociosos de la mayor permanencia en obra que llegaren a causarse por eventos eximentes de responsabilidad | Público | X | | | | | | | X |
| | Fuerza mayor por demoras en más de un 150% del tiempo máximo establecido por la ley aplicable para la expedición de la licencia ambiental por causas no imputables al concesionario | Público | X | | | | | | | X |
| | Fuerza mayor por demoras en la consulta previa con comunidades en un plazo mayor de 360 días por causas no imputables al concesionario | Público | X | | | | | | | X |
| | Fuerza mayor por interferencia de redes en el corredor considerado como evento eximente de responsabilidad | Público | X | | | | | | X | |
| | Eventos asegurables | Privado | X | | | | X | | | |
| | Eventos no asegurables | Público | | X | | | | | X | |

Fuente: elaboración propia con base en la matriz cualitativa del concesionario (2016)

2.5 Determinación de los riesgos relevantes

En la figura 4 se determinaron los riesgos que repercuten en forma directa en la recuperación de la inversión; a partir del modelo financiero del concesionario, mediante el uso de la valoración de contingencias y vigencias futuras para PPP de la Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2015) y al tomar en consideración la opinión de la alta gerencia del concesionario se identificaron los factores que tienen un nivel de impacto considerable, entre los que sobresalen los siguientes:

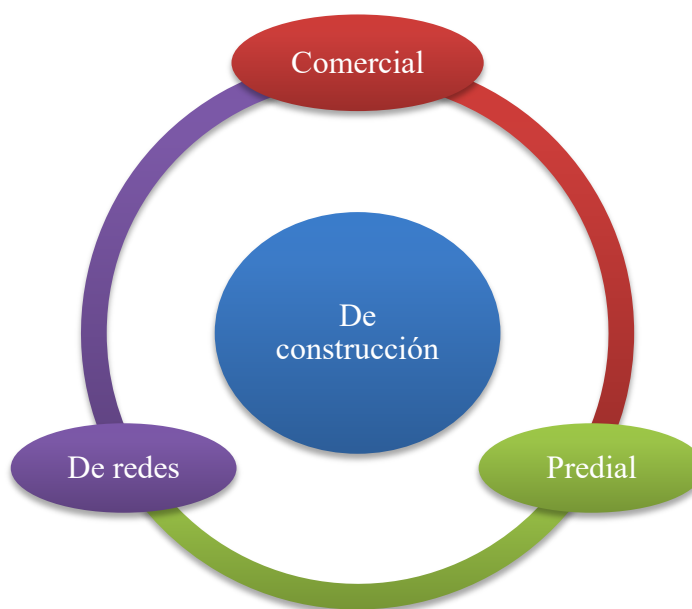


Figura 4. Determinación de riesgos relevantes

Fuente: elaboración propia con base en el modelo financiero del concesionario (2016)

Es necesario aclarar que el riesgo de construcción está a cargo por el concesionario en el 100% y contempla excesos de los costos reales frente a los presupuestados, retrasos en el cronograma de trabajo, no cumplimientos de los estándares mínimos requeridos de desempeño y calidad de la obra. En cambio, el riesgo comercial, por ser contrato con ingreso garantizado, se cubre por medio de aportes de la ANI, recaudo de peajes e ingresos por explotación comercial;

sin embargo dependerá de las vigencias futuras determinadas por estudios previos por el Estado para garantizar la recuperación de lo invertido por el concesionario en el tiempo acordado.

Acerca del riesgo predial, la adquisición de las propiedades requeridas para la ejecución de las intervenciones está a cargo del concesionario, que desarrolla la labor a favor de la ANI, conforme a lo establecido en el artículo 34 de la ley 105 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993). Sumado a ello, existen tres etapas en la ejecución contractual: la preoperativa, la de operación y mantenimiento y de reversión; durante la primera el concesionario debe analizar la pertinencia de afectar las redes existentes mediante la aplicación de los criterios previstos en el artículo 47, numeral 1, de la ley 1682 de 2013 (Congreso de Colombia, 2013).

2.6 Garantías como requisito de inicio del contrato y sus etapas

Como requisito indispensable para la suscripción del acta de inicio se requiere la presentación por parte del concesionario y la aprobación por parte de la ANI de la garantía única de cumplimiento, la póliza de responsabilidad extracontractual y el seguro de daños contra todo riesgo; a su vez, como requisito para la iniciación de cada una de las etapas en las que se divide el contrato, el concesionario deberá renovar las coberturas que sean requeridas, de acuerdo con lo previsto en el contrato, de conformidad con lo previsto en el artículo 5.1.9 del decreto 734 de 2012 (Presidencia de la República, 2012).

La garantía única de cumplimiento contempla los amparos de cumplimiento, el pago de salarios y prestaciones sociales, la estabilidad y la calidad de las obras, la calidad de los bienes y el equipo suministrado y la calidad de las obras de mantenimiento. En cuanto a la garantía de responsabilidad extracontractual, que deberá estar contenida en una póliza de seguro que cubra la responsabilidad civil del concesionario por sus acciones u omisiones así como la de sus agentes, contratistas o subcontratistas, ninguna cobertura podrá ser inferior al valor asegurado mínimo

requerido; a esta garantía le serán aplicables las previsiones contenidas en el artículo 5.2.1.2 del decreto 734 de 2012 (Presidencia de la República, 2012). En relación con el seguro de daños contra todo riesgo, es aplicable para seguros de obras civiles, automotores, equipo y maquinaria amarilla.

3. Análisis mediante el método tradicional de valoración por medio de flujos de caja descontados

Conforme a aspectos generales del proyecto de concesión vial para una de las redes viales de Colombia se presenta en la tabla 2 a cargo de la compañía española del sector de concesiones viales, que tiene más de 100 años en el mercado internacional, con presencia en más de 30 países de los cinco continentes y que contribuye al mejoramiento de la productividad y la competitividad de los proyectos desarrollados.

Tabla 2. Información general (cifras en billones de COP)

| | Inicio | 2015 |
|---|--------|-----------|
| Número de años de concesión | | 29 |
| Número de kilómetros de concesión | | 144 |
| Gastos de Capital | | 1,674,798 |
| Porcentaje de deuda | | 75 |
| Deuda | | 1,719,067 |
| Porcentaje de patrimonio | | 25 |
| Patrimonio | | 505,765 |
| Razón entre deuda y patrimonio | | 300 |
| Costo de la deuda: $K_d (1-T_x)$ | | 6.8 |
| Costo del patrimonio: K_e del peso colombiano | | 17 |
| Tasa de impuestos: T_x | | 42 |
| Flujo neto de caja | | 6,398,354 |
| Total de la inversión | | 2,224,832 |

Fuente: elaboración propia con base en el modelo del concesionario (2015)

Hay que mencionar, además, los parámetros necesarios para el modelo financiero, que se determinan en la tabla 3: aspectos macroeconómicos y rendimientos del mercado requeridos para

realizar las respectivas proyecciones, al tomar como referencia de tiempo para valuación diez años debido a que los mercados son más líquidos.

Tabla 3. Principales parámetros supuestos para el modelo financiero

| Concepto | | Definición | Valor | Fuente |
|-------------------------------|---------------------|---|--------|--------------------------------------|
| Margen | | Margen de explotación y reinversión | 5% | Políticas internas del concesionario |
| Tasa libre de riesgo | R_f | Bonos de Tesoro estadounidense de 10 años | 2.41% | Plataforma Bloomberg (2016) |
| Prima de riesgo | $(E(R_m) - R_f)$ | Tasa en USD exigida por inversionistas al invertir en activos riesgosos | 6.700% | Plataforma Bloomberg (2016) |
| Beta desapalancada del sector | $\beta_{Unlevered}$ | Coeficiente de volatilidad de la rentabilidad de un activo ante la fluctuación de la rentabilidad del mercado; referencia: Dow Jones (2016) | 0.539 | Plataforma Bloomberg (2016) |
| Riesgo de país | CR | Riesgo que los inversores esperan al desarrollar inversiones en economías emergentes; referencia: JP Morgan (2016) | 2.86% | Ambito.com (2016) |
| Tasa Implícita | | Método de Fisher: inflación COP: TESTF24/TESUVR23 | 3.52% | Grupo AVAL (2016) |
| | | USD: inflación 10Y | 2.22% | Federal Reserve (2016) |
| | | Devaluación esperada - TRM a cinco años | 0.092% | Banco de la República (2016) |
| Estructura de apalancamiento | | Ku - Wacc ajustado - CAPM | | |
| Tasa de Impuestos | Tx | Impuestos conforme a lo establecido por ley colombiana | 42% | DIAN (2016) |
| Simulación Montecarlo | | Cantidad de iteraciones para determinación del riesgo del modelo | 10,000 | @risk |
| Inflación | | Proyección conforme a lo estipulado por modelo original año a año | | Modelo financiero |
| Spread de intermediación | BB+ | Calificación a la fecha para los bonos colombianos de gobierno en moneda extranjera | 3.25% | Damodaran (2016) |

Nota: año de base para generar la valoración: 2016

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes mencionadas en la última columna

El valor presente de las operaciones se evaluó mediante la metodología del WACC, lo mismo que el Ku. y el WACC ajustado; las tres metodologías ofrecen el mismo resultado para el modelo financiero. Se muestra la ecuación de cada metodología a continuación.

Ecuación 1. Costo promedio ponderado de capital.

$$WACC_t = \frac{E_{t-1}K_e + D_{t-1}K_d(1 - T_t)}{E_{t-1} + D_{t-1}}$$

Donde:

K_e = costo del patrimonio (rentabilidad esperada del inversionista)

K_d = costo de la deuda antes de impuestos

E = valor de mercado del patrimonio

D = valor de mercado de la deuda

T = tasa de impuestos

Ecuación 2. Ku nominal

$$Ku \text{ nominal} = (1 + Ku \text{ real}) * (1 + \text{inflación}) - 1$$

Donde:

Ku real = tiene en cuenta como numerador el costo del patrimonio desapalancado y como denominador la inflación del año de base, menos uno.

Inflación = valor proyectado para el modelo financiero año a año.

Ecuación 3. WACC ajustado.

$$WACC \text{ ajustado} = Ku \text{ nominal} - \left(\frac{Ts}{VPO} \right)$$

Donde:

Ku nominal = costo del patrimonio desapalancado con inflación indexada.

Ts = escudo fiscal (*tax shield*).

VPO = valor presente de la operación del año anterior.

Estas tres metodologías permiten hallar el valor presente de las operaciones que se muestra en la figura 5. Se constata que diferentes metodologías permiten corroborar los resultados y determinar el valor del proyecto en el tiempo proyectado.

| Año | | 2016 |
|----------------|--|--------------|
| Primer método | Flujo de caja libre sin valor terminal | \$ (161,645) |
| | Valor terminal | \$ - |
| | Valor presente de las operaciones | \$ 4,187,855 |
| | WACC | 5.9% |
| | D% | 0.3% |
| | Kd(1-Tx) | 44.19% |
| | E% | 99.7% |
| | Ke | 6% |
| Segundo método | Flujo de caja capital con valor terminal | \$ (157,645) |
| | Valor terminal | \$ - |
| | Flujo de caja capital sin valor terminal | \$ (157,645) |
| | Ku nominal | 6% |
| | Valor presente de las operaciones | \$ 4,187,855 |
| | Inflación | 6% |
| | Ku real | 0.017% |
| Tercer método | Flujo de caja libre sin valor terminal | \$ (161,645) |
| | Valor terminal | \$ - |
| | Valor presente de las operaciones | \$ 4,187,855 |
| | WACC ajustado | 5.9% |
| | Escudo fiscal | \$ 4,000 |

Figura 5. Metodologías para el cálculo del valor presente de las operaciones

Fuente: elaboración propia con base en el método de valoración tradicional de flujo de caja descontado

Por otra parte las métricas financieras tradicionales empleadas se ilustran en la Tabla 4. Conforme al estado del arte se enfatizó en el NPV y IRR, que son los métodos usados con mayor regularidad, sin embargo, se anexa otras técnicas para tener diferentes puntos de vista en el análisis e interpretación de los resultados.

Tabla 4. Resultados de los métodos tradicionales aplicados al modelo

| Año | 2016 |
|--|-------------|
| WACC en dólares | 5.9% |
| WACC en pesos colombianos | 6% |
| NPV | \$4,187,855 |
| Tasa de corte | 6% |
| Tiempo de recuperación (años) o punto de equilibrio | 16 |
| Tiempo descontado de recuperación(años) | 20 |
| Razón entre beneficio y costo | 1.6 |
| Índice de rentabilidad | 1.9 |
| IRR | 15% |
| MIRR | 16% |

Nota: los primeros seis años se presentan flujos negativos

Fuente: elaboración propia con base en el método de valoración tradicional de flujo de caja descontado

4. Análisis mediante opciones reales (opción de abandono)

En la figura 6 se presentan las características generales del proyecto, dividido en tres fases, lo mismo que los respectivos tiempos de duración con el fin de identificar los eventos posibles en cada etapa para la toma de decisiones de manera efectiva.



Figura 6. Diagrama de etapas del proyecto de concesión vial

Fuente: elaboración propia con base en el contrato del concesionario

Para la elaboración de la opción de abandono se procede de la siguiente manera: primero se construye el árbol binomial con el total de ingresos (retribución por peajes, ingresos por vigencias futuras y actividad comercial); del flujo de caja neto del modelo financiero se toma el costo directo de operación (*operational expenditures* u OPEX), los demás rubros de recursos de inversión (*capital expenditures* o CAPEX) y OPEX se llevan en cero y se calcula el NPV. En la figura 7 se ilustra el árbol de ingresos de los primeros cinco años.

1 UP 1.035 t 29 δ 3.5%
Down 0.966 n 29

| Árbol de ingresos Inicio de | Etapa 1 | | | | | Etapa 2 | |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| | \$ 6,178,610 | \$ 6,395,620 | \$ 6,620,252 | \$ 6,852,773 | \$ 7,093,461 | \$ 7,342,603 | \$ 7,600,495 |
| | | \$ 5,968,964 | \$ 6,178,610 | \$ 6,395,620 | \$ 6,620,252 | \$ 6,852,773 | \$ 7,093,461 |
| | | | \$ 5,766,431 | \$ 5,968,964 | \$ 6,178,610 | \$ 6,395,620 | \$ 6,620,252 |
| | | | | \$ 5,766,431 | \$ 5,968,964 | \$ 6,178,610 | \$ 6,395,620 |
| | | | | | \$ 5,381,749 | \$ 5,570,770 | \$ 5,766,431 |
| | | | | | | \$ 5,199,141 | \$ 5,381,749 |
| | | | | | | | \$ 5,022,729 |

Figura 7. Árbol de ingresos del modelo financiero

Fuente: elaboración propia con base en el árbol completo de ingresos del modelo financiero

El segundo paso es calcular el árbol binomial de los costos del proyecto, que incluyen los gastos administrativos (OPEX), que se consideran estocásticos en su totalidad; ver en la figura 8 el proceso para los primeros cinco años.

2 UP 1.027 t 29 δ 2.7%
Down 0.973 n 29

| Árbol de costos Inicio de | Etapa 1 | | | | | Etapa 2 | |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| | \$ 908,870 | \$ 933,743 | \$ 959,298 | \$ 985,552 | \$ 1,012,524 | \$ 1,040,235 | \$ 1,068,704 |
| | | \$ 884,659 | \$ 908,870 | \$ 933,743 | \$ 959,298 | \$ 985,552 | \$ 1,012,524 |
| | | | \$ 861,092 | \$ 884,659 | \$ 908,870 | \$ 933,743 | \$ 959,298 |
| | | | | \$ 838,154 | \$ 861,092 | \$ 884,659 | \$ 908,870 |
| | | | | | \$ 815,827 | \$ 838,154 | \$ 861,092 |
| | | | | | | \$ 794,094 | \$ 815,827 |
| | | | | | | | \$ 772,940 |

Figura 8. Árbol de costos del modelo financiero

Fuente: elaboración propia con base en el árbol completo de costos del modelo financiero

Por último se construye el árbol binomial de la opción de abandono, que consolida los árboles binomiales de ingresos y costos y la inversión (CAPEX) respectiva en cada año si existe.

En la figura 9 se muestra la manera de llevar a cabo el proceso para los primeros cinco años.

Debe tenerse en cuenta que el árbol se construye de derecha a izquierda.

3 UP 1.035 t 29 δ 3.5%
 Down 0.966 n 29 Rf 2.41%
 p 0.84
 1-p 0.16

| | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Inversión | \$ 36,832 | \$ 271,656 | \$ 476,227 | \$ 343,536 | \$ 143,026 | \$ - | \$ - |
| Probabilidad | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Opción de abandono | Etapa 1 | | | | | Etapa 2 | |
| Inicio de | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| | \$ 4,191,617 | \$ 4,391,732 | \$ 4,839,317 | \$ 5,509,424 | \$ 6,062,108 | \$ 6,425,175 | \$ 6,653,012 |
| | | \$ 4,007,470 | \$ 4,441,458 | \$ 5,097,487 | \$ 5,635,596 | \$ 5,983,572 | \$ 6,195,786 |
| | | | \$ 4,070,759 | \$ 4,713,671 | \$ 5,238,198 | \$ 5,572,111 | \$ 5,769,765 |
| | | | | \$ 4,356,065 | \$ 4,867,936 | \$ 5,188,745 | \$ 5,372,832 |
| | | | | | \$ 4,522,967 | \$ 4,831,566 | \$ 5,003,011 |
| | | | | | | \$ 4,498,795 | \$ 4,658,460 |
| | | | | | | | \$ 4,337,462 |

Figura 9. Árbol de la opción de abandono del modelo financiero

Fuente: elaboración propia con base en el árbol completo de la opción de abandono del modelo financiero

Se permite de esta manera hallar el valor de la opción de abandono para el proyecto de concesión vial, tal como se ve en la tabla 5. Es necesario tener en cuenta que dicha opción real de abandono se puede ejercer en cualquier momento.

| Tabla 5. Opción de abandono | |
|------------------------------------|-------------|
| NPV estratégico | \$4,191,617 |
| NPV estático | \$4,187,855 |
| Opción de abandonar | \$3,762 |

Fuente: elaboración propia con base a los árboles anteriormente descritos y el valor presente de las operaciones del modelo financiero

Conclusiones

Los agentes que intervienen en las alianzas público-privadas para concesiones viales son el Estado, el concesionario y el sector financiero; es necesaria la interacción entre ellos para poder llevar a cabo los megaproyectos de infraestructura vial, que demandan una gran cantidad de capital para la construcción, la operación y el mantenimiento de las obras. Por la naturaleza de dichos proyectos existen riesgos, no solo endógenos sino también exógenos, que mediante la normatividad vigente y la experiencia de las partes involucradas asumirán los mencionados agentes de modo proporcional con el objeto de garantizar la rentabilidad esperada. Hacer

atractivos los proyectos de infraestructura vial para verlos como activos de inversión a largo plazo, para el mercado no será una tarea fácil, pero sí interesante de realizar puesto que traerá crecimiento económico y desarrollo social.

En cuanto a la facilidad de cálculo y la interpretación rápida, por lo común se acude a utilizar la IRR para la valoración de proyectos, a pesar de que tiene sus limitaciones al presentar más de un flujo de caja neto negativo; dicha falencia se corrige mediante el cálculo de la MIRR; es necesario decir también que otro método usado con frecuencia es el NPV, de acuerdo con la norma internacional de información financiera (IFRS o NIIF). Estas dos técnicas son las más representativas para la valuación tradicional de proyectos; por un lado la IRR informa sobre la rentabilidad y por otro el NPV indica si hay ganancias o pérdidas; este último método se calculó mediante tres metodologías: Ku, WACC ajustado y CAPM.

No obstante, para proyectos de infraestructura vial que tienen presente el factor de incertidumbre para cada una de las etapas, se hace necesario algo más que un modelo estático, de tal modo que se permita flexibilidad, que tiene su respectivo valor económico en la toma de decisiones; dicho lo anterior, en el estado del arte se encontró que varios autores han trabajado de a lo largo del tiempo en el mejoramiento y la adaptación de los métodos tradicionales, lo que se evidencia por medio de la consolidación de los aspectos básicos para evaluar proyectos de infraestructura vial en un manual simple y fácil de comprender, la utilización del *Project Finance* para planear, ejecutar y controlar los proyectos y, además, como la indexación del riesgo en los métodos tradicionales antes mencionados. Son algunos de los trabajos encontrados en lo referente a la evaluación tradicional.

Desde otro punto de vista, se estableció con claridad que las opciones reales brindan flexibilidad porque tienen en cuenta la incertidumbre para la toma de decisiones en cada una de las etapas de proyectos de redes viales; se pueden trabajar por medio del modelo de Black and

Scholes, los árboles binomiales o la simulación de Montecarlo. Existen diferentes tipos de opciones reales tales como diferir, expandir, prolongar, reducir, vender una fracción y abandonar; con la última se desarrolló el trabajo por el procedimiento de árbol binomial; dicha opción brindando la posibilidad de venta en cualquier momento de vida del proyecto por ser de tipo americano.

De acuerdo con la incertidumbre los riesgos son diferentes para cada tipo de proyecto de infraestructura vial y pueden ser asumidos en su totalidad por alguna de las partes, ya sea el concesionario o el Estado, o simplemente se distribuye entre ellos en los porcentajes acordados en el contrato de tipo PPP; se detectaron 38 riesgos en total, distribuidos en 12 áreas, y se determinó que los de construcción, redes, predial y comercial son los de mayor importancia para el desarrollo efectivo de los proyectos de infraestructura vial y lograr obtener las retribuciones pronosticadas.

Como resultado, los proyectos de infraestructura vial, por ser de largo plazo, requieren que se les otorgue flexibilidad operativa para lograr obtener la maximización de la rentabilidad lo que permite un crecimiento no solo económico sino también social. Por último, se concluye la importancia de incluir el riesgo en las valoraciones financieras de las concesiones viales puesto que permiten anticipar y mitigar los impactos adversos que pueda tener los proyectos y que atenten contra la rentabilidad de cada uno de los grupos de interés que participan en dicho tipo de obras.

Referencias

- Agudelo Rueda, D. A. (2014). *Inversiones en renta variable. Fundamentos y aplicaciones al mercado accionario colombiano*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- ámbito.com (2016). *ámbito.com* Recuperado el 16 de diciembre de 2016 de: www.ambito.com
- Arnold, T., & Crack, T. F. (2004). Using the WACC to value real options. *Financial Analysts Journal*, 60(6), 78-82. Recuperado el 5 de agosto de 2016 de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=636881
- Banco de la República (2016). *Banco de la República*. Recuperado el 16 de diciembre de 2016 de: www.banrep.gov.co
- Barreto Jurado, R. J. (2015). *De un modelo tradicional de concesión a un esquema renovado de asociación público privada para el desarrollo de proyectos de infraestructura vial en Colombia*. Bogotá: Universidad del Rosario, Facultad de Jurisprudencia, trabajo de grado de Maestría en Derecho Administrativo. Recuperado el 19 de julio de 2016 de: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11955/ESQUEMA%20RENOVADO%20DE%20APP.pdf?sequence=2>
- Benavides, J. (2009). Reformas para atraer la inversión privada en infraestructura vial. En R. Steiner y L. V. Traverso (Eds.). *Colombia 2010-2014. Propuesta de política pública*. Bogotá: CAF y Fedesarrollo. Recuperado el 19 de julio de 2016 de: <http://www.giv.com.co/documentos/juan%20benavides.pdf>
- Bloomberg (2016). *Bloomberg*. Recuperado el 16 de diciembre de 2016 de: <https://www.bloomberg.com/>
- Chiara, N. (2006). *Real option methods for improving economic risk management in infrastructure project finance*. Nueva York, NY: Columbia University, Graduate School of Arts and Sciences, disertación doctoral. Recuperado el 11 de agosto de 2016 de: http://www.ppp-pf.ru/docs/Risk_infrastructure.pdf
- Clavijo, S., Vera, A., y Vera, N. (2013, enero-marzo). La inversión en infraestructura en Colombia 2012-2020. Efectos fiscales y requerimientos financieros. *Carta Financiera* (ANIF), 7-14. Recuperado el 7 de septiembre de 2016 de: <http://www.cvc.com.ve/docs/2016219124559Inversion%20en%20infraestructura%20Colombia%202013-2020.pdf>
- Congreso de Colombia (1993). *Ley 105, de 30 de diciembre de 1993, por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de Colombia. Recuperado el 13 de octubre de 2016 de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=296>

- Congreso de Colombia (2012). *Ley 1508, de 22 de noviembre de 2012, por la cual se establece el régimen jurídico de las asociaciones público privadas, se dictan normas orgánicas de presupuesto y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de Colombia. Recuperado el 7 de julio de 2016 de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45329>
- Congreso de Colombia (2013). *Ley 1682, de 22 de noviembre de 2013, por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias*. Bogotá: Congreso de Colombia. Recuperado el 13 de octubre de 2016 de: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/2013/LEY%201682%20DEL%2022%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202013.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES (2001a). *Documento CONPES 3107. Política de manejo de riesgo contractual del Estado para procesos de participación privada en infraestructura. 3 de abril de 2001*. Bogotá: CONPES. Recuperado el 13 de octubre de 2016 de: <http://www.findeter.gov.co/descargar.php?idFile=212022>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES (2001b). *Documento CONPES 3133. Modificaciones a la política e manejo de riesgo contractual del Estado para procesos de participación privada en infraestructura establecida en el documento CONPES 3107 de abril de 2001. 3 de septiembre de 2001*. Bogotá: CONPES. Recuperado el 13 de octubre de 2016 de: http://www.contratacionpublicadms.com/CONPES_CONTRATACION/3133.pdf
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES (2008). *Documento CONPES 3527. Política nacional de competitividad y productividad*. Recuperado el 7 de septiembre de 2016 de: <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/sneci/Documents/Conpes-3527-de-2008.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES (2013). *Documento CONPES 3760. Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales. 20 de agosto de 2013*. Bogotá: CONPES. Recuperado el 19 de julio de 2016 de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3760.pdf>
- Consejo Privado de Competitividad, CPC (2016). *Informe nacional de competitividad 2016-2017*. Recuperado el 7 de septiembre de 2016 de: <http://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2016-2017/>
- Damodaran, A. (2016). *Damodaran online*. Recuperado el 16 de diciembre de 2016 de: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- De Rus Mendoza, G., Betancur Cruz, O., y Campos Méndez, J. (2006). *Manual de evaluación económica de proyectos de transporte*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el

- 5 de agosto de 2016 de:
<http://www.iadb.org/wmsfiles/products/publications/documents/1442318.pdf>
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, DIAN (2016). *Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales*. Recuperado el ... de ... de ..., de: www.dian.gov.co
- Dow Jones (2016). *Dow Jones Brookfield toll roads infrastructure index fact sheet*. Recuperado el 27 de julio de 2016 de:
https://www.djindexes.com/mdsidx/downloads/fact_info/Dow_Jones_Brookfield_Toll_Roads_Infrastructure_Index_Fact_Sheet.pdf
- Dumrauf, G. (2013). *Finanzas corporativas. Un enfoque latinoamericano*, 3ª ed. Buenos Aires: Alfaomega.
- Engel, E., Fischer, R., & Galetovic, A. (2006). Privatizing highways in the United States. *Review of Industrial Organization*, 29(1-2), 27-53. Recuperado el 12 de julio de 2016 de:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.455.1928&rep=rep1&type=pdf>
- Engel, E., Fischer, R., & Galetovic, A. (2008). Public-private partnerships: when and how. Recuperado el 12 de julio de 2016 de:
<http://www.econ.uchile.cl/uploads/publicacion/c9b9ea69d84d4c93714c2d3b2d5982a5ca0a67d7.pdf>
- Fajardo, L. (2015, 120 de junio). Los países con las mejores y las peores carreteras en A.Latina. *BBC Mundo*. Recuperado el 15 de septiembre de 2016 de:
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150609_economia_mejores_peores_carreteras_1f
- Federal Reserve (2016). *The Board of Governors of the Federal Reserve System*. Recuperado el ... de ... de ..., de: www.federalreserve.gov
- Fernandes, M. C. (2016). Evaluating risks in public-private partnerships: the case of Portuguese road sector. *Arabian Journal of Business and Management Review*, 6(2), 198. Recuperado el 5 de agosto de 2016 de: <http://www.omicsonline.com/open-access/evaluating-risks-in-publicprivate-partnerships-the-case-of-portugueseroad-sector-2223-5833-1000198.php?aid=70211>
- Gitman, L., y Zutter, C. (2012). *Principios de administración financiera*, 12ª ed. México: Pearson.
- González Serna, C. A. (2014). De los avances legislativos en asociaciones público-privadas –APP–: los retos en estructuración de proyectos de iniciativa privada. *Justicia Juris*, 10(1), 21-31. Recuperado el 12 de julio de 2016 de: <http://www.scielo.org.co/pdf/jusju/v10n1/v10n1a03.pdf752>
- Graham, J., & Harvey, C. (2001). The theory and practice of corporate finance: evidence from the field. *Journal of Financial Economics*, 60(2-3), 187-243. Recuperado el 27 de julio de 2016 de:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304405X01000447>
- Grupo Aval (2016). *Grupo Aval*. Recuperado el ... de ... de ..., de: www.gerupoaval.com

- Huapaya Tapia, R., Marangunich Rachumi, H., y Bravo Orellana, S. (2011). Inversión privada vs. regulación en infraestructura. ¿Qué hace y qué no hace el Estado para atraer capital privado? *Derecho & Sociedad*, (36), 173-185. Recuperado el 19 de julio de 2016 de: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/13226/13837>
- Hull, J. (2014). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*, 8ª ed. México: Pearson.
- INVÍAS (2016). Estado de la red vial. Recuperado el 7 de Septiembre de 2016 de: <http://www.invias.gov.co/index.php/component/content/article/2-uncategorised/57-estado-de-la-red-vial>
- J. P. Morgan (2016). J. P. Morgan emerging markets bond index (EMBI+). Recuperado el 16 de diciembre de 2016 de: <https://datamarket.com/data/set/1dme/jp-morgan-emerging-markets-bond-index-embid#!ds=1dme!x88=7.k.b.9.a.i.4.c.f.g.e.m.2.d.5.h.8.n&display=choropleth&map=world&classifier=natural&numclasses=5>
- Ke, Y., Liu, X., & Wang, S. (2008). Equitable financial evaluation method for public-private partnership projects. *Tsinghua Science & Technology*, 13(5), 702-707. Recuperado el 15 de septiembre de 2016 de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1007021408701111>
- Kelleher, J. C., & MacCormack, J. J. (2005). Internal rate of return: a cautionary tale. *The McKinsey Quarterly*, special edition: value and performance, 71-75. Recuperado el 27 de julio de 2016 de: <http://ingenieria.unach.mx/files/TRAD%20EVAL%20DE%20PROY%202013.pdf>
- Lara Galera, A. L. (2006). *Desarrollo de un modelo de valoración de concesiones de autopistas basado en la teoría de opciones reales, validación mediante el análisis de series históricas de datos de concesiones en servicio*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Universidad Politécnica De Madrid), disertación doctoral. Recuperado el 11 de agosto de 2016 de: https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Lara_Galera/publication/280309549_tesis.rectorado/links/55b12ad708ae9289a084ca86.pdf
- Lara Galera, A. L., y Sánchez Soliño, A. (2007). *Evaluación de concesiones de autopistas considerando la teoría de opciones reales*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Universidad Politécnica De Madrid). Recuperado el 11 de agosto de 2016 de: http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010312.pdf
- Londoño Vallejo, M. (2014). Asociaciones público privadas, modelo de desarrollo de infraestructura productiva y social en Colombia y el mundo: marco histórico, conceptual y crítico de la ley 1508 de 2012. *Revista de Derecho Público*, 33, 1-23. <https://doi.org/10.15425/redepub.33.2014.08>

- Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional (2015). *Resolución 932, de 10 de abril de 2015, por la cual se establecen las metodologías para la valoración de los pasivos contingentes provenientes de las operaciones de crédito público en las que la Nación actúe como garante, de que trata el Decreto número 3800 del 25 de octubre de 2005, y el cálculo de los aportes que deberá efectuar la entidad estatal que requiera dicha garantía de la Nación*. Bogotá: Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional. Recuperado el 7 de septiembre de 2016 de: https://normativa.colpensiones.gov.co/colpens/docs/resolucion_minhacienda_0932_2015.htm
- Ministerio de Transporte (2015). *Anuario estadístico. Transporte en cifras. Estadísticas 2015*. Recuperado el 7 de septiembre de 2016 de: <https://mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15&colorder=descripcion&order=ASC>
- Ortiz Anaya, H., y Ortiz Niño, D. A. (2015). *Flujo de caja y proyecciones financieras con análisis de riesgo*, 2ª ed. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Presidencia de la República (2012). *Decreto 734,13 de abril de 2012, por el cual se reglamenta el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Presidencia de la República. Recuperado el 21 de noviembre de 2016 de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=46940>
- Rufián Lizana, D. M. (2002). *Políticas de concesión vial: análisis de las experiencias de Chile, Colombia y Perú*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, Serie Gestión Pública, 16, Proyecto ILPES/CAF Marco regulatorio, privatización y modernización del Estado. Recuperado el 12 de julio de 2016 de: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7266/S02297_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Serebrisky, T., Suárez-Alemán, A., Margot, D., y Ramirez, M. C. (2015). *Financiamiento de la Infraestructura en América Latina y el Caribe*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el 19 de julio de 2016 de: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7315/Financiamiento_de_la_Infraestructura_en_LAC.pdf?sequence=4
- Tang, L. Y., Shen, Q. G., & Cheng, E. W. L. (2010). A review of studies on public-private partnership projects in the construction industry. *International Journal of Project Management*, 28(7), 683-694. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.11.009>
- The World Bank (2016). *Logistics performance index: overall (1 = low to 5 = high)*. Recuperado el 29 de agosto de 2016 de: <http://data.worldbank.org/indicator/LP.LPI.OVRL.XQ>

Van Horne, J. C., y Wachowicz, Jr., J. M. (2010). *Fundamentos de administración financiera*, 13ª ed. México: Pearson.

World Economic Forum, WEF (2016). *The Global Competitiveness Report 2016-2017*. Recuperado el 29 de agosto de 2016 de: <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2016-2017-1>